

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**EXHAUST EMISSION CONTROL DEVICE OF INTERNAL-COMBUSTION ENGINE****Patent number:** JP2000282942**Publication date:** 2000-10-10**Inventor:** SUZUKI NAOTO; KATO KENJI**Applicant:** TOYOTA MOTOR CORP**Classification:****- international:** F02D45/00; B01D53/94; F01N3/08; F01N3/20;  
F01N3/24; F01N3/28; F02D41/04; F02D41/14**- european:****Application number:** JP19990086237 19990329**Priority number(s):****Also published as:**

EP1041254 (A2)

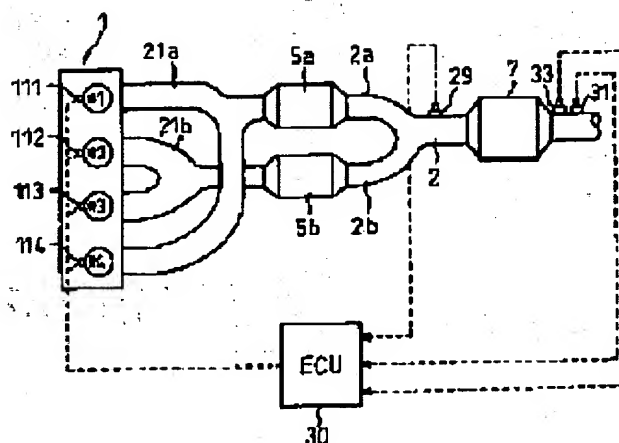
US6311480 (B1)

EP1041254 (A3)

**Abstract of JP2000282942**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To correct shift in the output originating from degradation, etc., of an NOx sensor.

**SOLUTION:** An NOx occluding/reducing catalyst 7 is installed in the exhaust passage 2 of an internal combustion engine 1, and the NOx concentration in the exhaust gas after passage of catalyst 7 is detected by an NOx sensor 33. An electronic control unit (ECU) 30 of an engine 1 operates the engine with the rich air-fuel ratio for a short time each time the sensed NOx concentration increases to a prescribed value and performs the regenerative process of the NOx occluding/reducing catalyst 7. Also the ECU learns the shift of the NOx sensor output from the reference value (output corresponding to the NOx concentration being zero) and the NOx sensor output, when the engine is operated in the condition that the NOx emission in the low-load operation, etc., at a lean air-fuel ratio is less and also the NOx occluding/reducing catalyst is functioning normally, i.e., in the condition that the NOx concentration in the exhaust gas reaching the NOx sensor becomes approx. zero and then corrects the NOx sensor output on the basis of the learnt value.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-282942  
(P2000-282942A)

(43)公開日 平成12年10月10日(2000. 10. 10)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
F 0 2 D 45/00	3 5 8	F 0 2 D 45/00	3 5 8 P 3 G 0 8 4
B 0 1 D 53/94		F 0 1 N 3/08	A 3 G 0 9 1
F 0 1 N 3/08		3/20	B 3 G 3 0 1
3/20		3/24	C 4 D 0 4 8
			E
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願平11-86237

(22)出願日 平成11年3月29日(1999. 3. 29)

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 鈴木 直人

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 加藤 健治

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74)代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外3名)

最終頁に続く

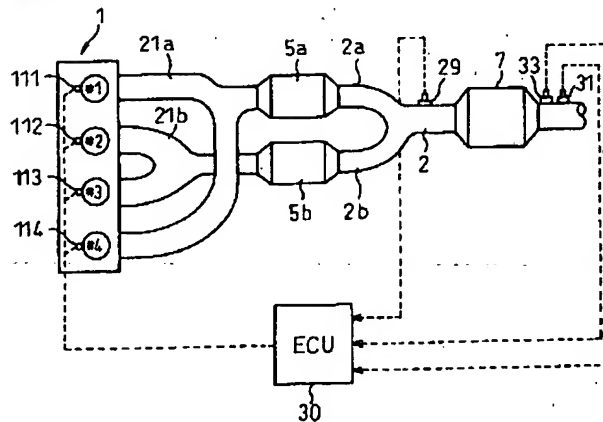
(54)【発明の名称】 内燃機関の排気浄化装置

(57)【要約】

【課題】  $\text{NO}_x$  センサの劣化等による出力のずれを補正する。

【解決手段】 機関1の排気通路2に $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒7を配置するとともに、触媒7通過後の排気の $\text{NO}_x$ 濃度を $\text{NO}_x$ センサ33で検出する。機関1の電子制御ユニット(ECU)30は、 $\text{NO}_x$ センサ33で検出した $\text{NO}_x$ 濃度が所定値まで増大する毎に短時間機関をリッチ空燃比で運転し、 $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒7の再生操作を行う。またECUは、機関がリーン空燃比下の軽負荷運転等の $\text{NO}_x$ 排出量が少ない状態で運転され、かつ $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒が正常に機能している状態、すなわち $\text{NO}_x$ センサに到達する排気中の $\text{NO}_x$ 濃度がほぼゼロに成る状態での $\text{NO}_x$ センサ出力と基準値( $\text{NO}_x$ 濃度ゼロ相当出力)とから $\text{NO}_x$ センサ出力のずれを学習し、学習値に基づいて $\text{NO}_x$ センサ出力を補正する。

図1



- 1...内燃機関
- 2...排気通路
- 5 a, 5 b...スタートキャタリスト
- 7... $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒
- 29, 31...空燃比センサ
- 30...電子制御ユニット (ECU)
- 33... $\text{NO}_x$ センサ

#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】 内燃機関の排気通路に配置され、流入する排気の状態に応じて排気中の $\text{NO}_x$ を浄化する $\text{NO}_x$ 浄化触媒と、

前記 $\text{NO}_x$ 浄化触媒下流側の排気通路に配置され、 $\text{NO}_x$ 浄化触媒を通過した排気中の $\text{NO}_x$ 濃度を検出する $\text{NO}_x$ センサと、

前記 $\text{NO}_x$ 浄化触媒通過後の排気中の $\text{NO}_x$ 濃度がほぼゼロになる運転状態で機関が運転されているときの前記 $\text{NO}_x$ センサ出力と予め定めた基準出力との偏差を求める偏差学習手段と、

前記偏差学習手段により検出した前記偏差に基づいて前記 $\text{NO}_x$ センサの出力を補正する補正手段と、  
を備えた内燃機関の排気浄化装置。

【請求項2】 更に、前記 $\text{NO}_x$ センサの補正後の出力に基づいて、 $\text{NO}_x$ 浄化触媒通過後の排気中の $\text{NO}_x$ 濃度が最小になるように $\text{NO}_x$ 浄化触媒に流入する排気の状態を制御する排気状態制御手段を備えた内燃機関の排気浄化装置。

【請求項3】 前記排気状態制御手段は、前記 $\text{NO}_x$ センサの補正後の出力に基づいて、 $\text{NO}_x$ 浄化触媒通過後の排気中の $\text{NO}_x$ 濃度が最小になるように機関運転空燃比を調整することにより排気の状態を制御する請求項2に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項4】 前記排気状態制御手段は、前記 $\text{NO}_x$ 浄化触媒に流入する排気中に還元剤を供給する還元剤供給手段を備え、前記 $\text{NO}_x$ センサの補正後の出力に基づいて、 $\text{NO}_x$ 浄化触媒通過後の排気中の $\text{NO}_x$ 濃度が最小になるように $\text{NO}_x$ 浄化触媒に流入する排気中の還元剤供給量を調整することにより排気の状態を制御する請求項2に記載の内燃機関の排気浄化装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は内燃機関の排気浄化装置に関し、詳細には排気中の $\text{NO}_x$ 濃度を検出する $\text{NO}_x$ センサを備えた内燃機関の排気浄化装置に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】排気中の $\text{NO}_x$ 濃度を検出する $\text{NO}_x$ センサを用いた排気浄化装置の例としては、例えば特開平7-166851号公報に記載されたものがある。同公報の装置は、流入する排気空燃比がリーンなときに排気中の $\text{NO}_x$ を吸収し、流入する排気中の酸素濃度が低下したときに吸収した $\text{NO}_x$ を放出する $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒を $\text{NO}_x$ 浄化触媒として使用したものであり、内燃機関の排気通路に $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒を配置し、更にその下流側の排気通路に $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒を通過したの排気中の $\text{NO}_x$ 濃度を検出する $\text{NO}_x$ センサを配置した構成とされている。同公報の装置では、 $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒を通過した排気中の $\text{NO}_x$ 濃度を監視し、 $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒下流側の排気中の $\text{NO}_x$ 濃度が予め定めた値

を越えたときに $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒に流入する排気空燃比をリッチにして $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒から吸収した $\text{NO}_x$ を放出させ、還元浄化している。

【0003】 $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒は吸収した $\text{NO}_x$ 量が増大するにつれて $\text{NO}_x$ 吸蔵能力が低下する。このため、 $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒の吸収した $\text{NO}_x$ 量が増大すると $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒に吸収されずに通過する $\text{NO}_x$ 量が増大し、 $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒通過後の排気中の $\text{NO}_x$ 量が増大するようになる。上記公報の装置では、 $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒下流側の排気通路に配置した $\text{NO}_x$ センサで検出した排気中の $\text{NO}_x$ 濃度が所定値まで増大したときに、機関を短時間リッチ空燃比で運転することにより $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒に流入する排気の状態を変化させ

(この場合は排気空燃比をリッチにして)、 $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒から吸収した $\text{NO}_x$ を放出させて $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒の $\text{NO}_x$ 吸蔵能力を回復させるようにしている。

【0004】すなわち、機関排気空燃比がリッチになると排気中の酸素濃度が低下するとともに未燃HC、CO等の還元剤として機能する成分が増大する。酸素濃度の低下により $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒から吸収した $\text{NO}_x$ が放出され $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒の $\text{NO}_x$ 吸蔵量が低下し、更に放出された $\text{NO}_x$ は $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒上で排気中の還元剤成分と反応して還元浄化される。

##### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記特開平7-166851号公報の装置のように $\text{NO}_x$ センサの検出した排気 $\text{NO}_x$ 濃度に基づいて $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒からの $\text{NO}_x$ の放出と還元浄化とを行っているとき問題が生じる場合がある。例えば、 $\text{NO}_x$ センサ自身の劣化が生じるとセンサ出力のドリフトを生じ、実際の $\text{NO}_x$ 濃度とセンサ出力値との間にずれが生じる場合がある。

【0006】このようにセンサ出力にずれが生じたような場合には、 $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒下流側の排気 $\text{NO}_x$ 濃度に基づいて $\text{NO}_x$ の放出、還元浄化を行っているとき $\text{NO}_x$ の放出、還元浄化操作( $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒の再生操作)が適切に行われなくなり、不要な再生操作の実行による機関燃費の悪化や未反応のHC、CO成分の大気への放出が生じたり、 $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒の $\text{NO}_x$ 吸蔵量増大のために触媒下流側への $\text{NO}_x$ の流出が生じたりする問題がある。

【0007】上記は、 $\text{NO}_x$ 浄化触媒として $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒を使用した場合の問題について説明したが、例えばリーン空燃比排気中の $\text{NO}_x$ を排気中のHC、CO成分を用いて選択的に還元可能な選択還元触媒を $\text{NO}_x$ 浄化触媒として用いた場合にも同様な問題が生じる。選択還元触媒は、排気中のHC、CO成分を用いて $\text{NO}_x$ を還元するため選択還元触媒上でHC、CO成分が不足すると還元されないまま下流側に流出する $\text{NO}_x$ 量が増大する。このため、例えば選択還元触媒下流側に $\text{NO}_x$ センサを配置して、選択還元触媒で還元されなかったN

O<sub>x</sub> 量を検出し、この未浄化NO<sub>x</sub> 量に応じて機関運転空燃比を変化させて選択還元触媒に流入する排気の性状（この場合には排気中のHC、CO成分量）を調整する制御を行う場合にもNO<sub>x</sub> センサ出力のずれが生じると上記と同様に未反応のHC、CO成分の大気への放出や未浄化NO<sub>x</sub> の大気への放出等の問題が生じる。

【0008】本発明は上記問題に鑑み、NO<sub>x</sub> センサ出力に基づいてNO<sub>x</sub> 浄化触媒に流入する排気の性状を調整する場合に、NO<sub>x</sub> センサ出力のずれが生じても排気中のNO<sub>x</sub> を適切に浄化可能な内燃機関の排気浄化装置を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明によれば、内燃機関の排気通路に配置され、流入する排気の状態に応じて排気中のNO<sub>x</sub> を浄化するNO<sub>x</sub> 浄化触媒と、前記NO<sub>x</sub> 浄化触媒下流側の排気通路に配置され、NO<sub>x</sub> 浄化触媒を通過した排気中のNO<sub>x</sub> 濃度を検出するNO<sub>x</sub> センサと、前記NO<sub>x</sub> 浄化触媒通過後の排気中のNO<sub>x</sub> 濃度がほぼゼロになる運転状態で機関が運転されているときの前記NO<sub>x</sub> センサ出力と予め定めた基準出力との偏差を求める偏差学習手段と、前記偏差学習手段により検出した前記偏差に基づいて前記NO<sub>x</sub> センサの出力を補正する補正手段と、を備えた内燃機関の排気浄化装置が提供される。

【0010】すなわち、請求項1の発明ではNO<sub>x</sub> 浄化触媒通過後の排気中のNO<sub>x</sub> 濃度がほぼゼロになる運転状態で機関が運転されているときの、つまりNO<sub>x</sub> センサに到達する排気中のNO<sub>x</sub> 濃度がほぼゼロになったときのNO<sub>x</sub> センサ出力の予め定めた基準出力からの偏差に基づいてNO<sub>x</sub> センサ出力が補正される。ここで、機関の「NO<sub>x</sub> 浄化触媒通過後の排気中のNO<sub>x</sub> 濃度がほぼゼロになる運転状態」とは、例えばNO<sub>x</sub> 浄化触媒が正常に機能しており、かつ機関から排出されるNO<sub>x</sub> 量が極めて低くなるような運転状態（例えばアイドル等の軽負荷運転、フュエルカット運転等）を言う。このような、NO<sub>x</sub> センサに到達する排気中のNO<sub>x</sub> 濃度がほぼゼロになる運転状態では、NO<sub>x</sub> センサ出力のドリフトが生じていなければNO<sub>x</sub> センサ出力はNO<sub>x</sub> 濃度ゼロに対応した出力になるはずであり、NO<sub>x</sub> センサ出力がNO<sub>x</sub> 濃度ゼロ相当出力になっていない場合にはNO<sub>x</sub> センサ出力にドリフトが生じていることになる。本発明では、この状態でのNO<sub>x</sub> センサ出力の基準出力（例えばNO<sub>x</sub> 濃度ゼロ相当出力）との偏差に基づいて現在のNO<sub>x</sub> センサ出力のドリフトの程度を算出し、ドリフトに応じてNO<sub>x</sub> センサ出力を補正する。これにより、NO<sub>x</sub> センサの劣化等による出力のずれが生じても排気中のNO<sub>x</sub> 濃度を正確に検出することが可能となる。

【0011】請求項2に記載の発明によれば、更に、前記NO<sub>x</sub> センサの補正後の出力に基づいて、NO<sub>x</sub> 浄化触媒通過後の排気中のNO<sub>x</sub> 濃度が最小になるようにN

O<sub>x</sub> 浄化触媒に流入する排気の状態を制御する排気状態制御手段を備えた内燃機関の排気浄化装置が提供される。すなわち、請求項2の発明ではNO<sub>x</sub> 浄化触媒に流入する排気の状態が補正後のNO<sub>x</sub> センサ出力に基づいて制御される。ここで、NO<sub>x</sub> 浄化触媒に流入する排気の状態とは、例えば、排気空燃比や排気中のHC、CO等の還元剤成分量等を意味している。これにより、NO<sub>x</sub> センサの出力のずれが生じた場合でも常にNO<sub>x</sub> 浄化触媒通過後の排気中のNO<sub>x</sub> 濃度は低く維持され、排気中のNO<sub>x</sub> が適切に浄化される。

【0012】請求項3に記載の発明によれば、前記排気状態制御手段は、前記NO<sub>x</sub> センサの補正後の出力に基づいて、NO<sub>x</sub> 浄化触媒通過後の排気中のNO<sub>x</sub> 濃度が最小になるように機関運転空燃比を調整することにより排気の状態を制御する請求項2に記載の内燃機関の排気浄化装置が提供される。すなわち、請求項3の発明では補正後のNO<sub>x</sub> センサ出力に基づいて機関空燃比が調整され、NO<sub>x</sub> 浄化触媒に流入する排気空燃比が制御される。例えば、NO<sub>x</sub> 浄化触媒としてNO<sub>x</sub> 吸蔵還元触媒を使用した場合には機関をリーン空燃比で運転中にはNO<sub>x</sub> 吸蔵還元触媒に吸蔵されたNO<sub>x</sub> 量が増大するにつれてNO<sub>x</sub> 吸蔵還元触媒を通過する排気中のNO<sub>x</sub> 濃度が増大する。従って、例えば通過後の排気中のNO<sub>x</sub> 濃度がある値まで増大したときに機関空燃比をリッチ空燃比に変化させることによりNO<sub>x</sub> 吸蔵還元触媒から吸蔵したNO<sub>x</sub> が放出、還元浄化されるようになり、再度機関をリーン空燃比で運転した場合にも通過排気中のNO<sub>x</sub> 濃度は最小に維持される。

【0013】また、NO<sub>x</sub> 浄化触媒として選択還元触媒を使用した場合には、リーン空燃比運転中に排気中のHC、CO成分が不足すると選択還元触媒通過後の排気中のNO<sub>x</sub> 量が増大するようになる。この場合にも、選択還元触媒下流側のNO<sub>x</sub> センサで検出したNO<sub>x</sub> 濃度に応じて機関運転空燃比を調整し排気中のHC、CO成分量を制御することにより、選択還元触媒通過後の排気中のNO<sub>x</sub> 濃度が最小に維持される。

【0014】請求項4に記載の発明によれば、前記排気状態制御手段は、前記NO<sub>x</sub> 浄化触媒に流入する排気中に還元剤を供給する還元剤供給手段を備え、前記NO<sub>x</sub> センサの補正後の出力に基づいて、NO<sub>x</sub> 浄化触媒通過後の排気中のNO<sub>x</sub> 濃度が最小になるようにNO<sub>x</sub> 浄化触媒に流入する排気中の還元剤供給量を調整することにより排気の状態を制御する請求項2に記載の内燃機関の排気浄化装置が提供される。

【0015】すなわち、請求項4の発明では、補正後のNO<sub>x</sub> センサ出力に基づいてNO<sub>x</sub> 浄化触媒に流入する排気中に供給する還元剤量を制御することにより排気の状態が制御される。例えば、排気への還元剤の供給はNO<sub>x</sub> 浄化触媒上流側の機関排気通路に還元剤を噴射することによって行うことも可能であり、気筒内に直接燃料

を噴射する燃料噴射弁を有する機関では気筒の排気行程中に気筒内に燃料噴射を行うことによって行うことができる。

【0016】例えば $\text{NO}_x$  浄化触媒として $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒が使用される場合には、流入する排気中の未燃HC、CO等の還元剤成分量が増大すると還元剤の燃焼により $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒の雰囲気空燃比が低下し、吸蔵した $\text{NO}_x$  が放出されるとともに放出された $\text{NO}_x$  が排気中の還元剤成分により還元浄化される。このため、請求項3の発明と同様、 $\text{NO}_x$  センサで検出された $\text{NO}_x$  濃度がある値に到達する毎に排気に還元剤を供給することにより、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒通過後の排気中の $\text{NO}_x$  濃度が最小に維持されるようになる。

【0017】また、選択還元触媒を使用した場合にも排気中のHC、CO等の還元剤成分量を $\text{NO}_x$  センサで検出した $\text{NO}_x$  濃度に基づいて制御することにより選択還元触媒での排気中の $\text{NO}_x$  の還元が適切に行われるため、選択還元触媒通過後の排気の $\text{NO}_x$  濃度が最小に維持されるようになる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を用いて本発明の実施形態について説明する。図1は、本発明を自動車用内燃機関に適用した場合の実施形態の概略構成を示す図である。図1において、1は自動車用内燃機関を示す。本実施形態では、機関1は#1から#4の4つの気筒を備えた4気筒ガソリン機関とされ、#1から#4気筒には直接気筒内に燃料を噴射する燃料噴射弁111から114が設けられている。後述するように、本実施形態の内燃機関1は、理論空燃比より高い（リーンな）空燃比で運転可能なリーンバーンエンジンとされている。

【0019】また、本実施形態では#1から#4の気筒は互いに点火時期が連続しない2つの気筒からなる2つの気筒群にグループ分けされている。（例えば、図1の実施形態では気筒点火順序は1-3-4-2であり、#1、#4の気筒と#2、#3の気筒とがそれぞれ気筒群を構成している。）各気筒の排気ポートは気筒群毎に排気マニホールドに接続され、気筒群毎の排気通路に接続されている。図1において、21aは#1、#4気筒からなる気筒群の排気ポートを個別排気通路2aに接続する排気マニホールド、21bは#2、#4気筒からなる気筒群の排気ポートを個別排気通路2bに接続する排気マニホールドである。本実施形態では、個別排気通路2a、2b上には、三元触媒からなるスタートキャタリスト5aと5bがそれぞれ配置されている。また、個別排気通路2a、2bはスタートキャタリスト5a、5b下流側で共通の排気通路2に合流している。本実施形態のスタートキャタリスト5a、5bは公知の構成の三元触媒とされ、流入する排気空燃比が理論空燃比近傍の狭い範囲にある場合に排気中のHC、CO、 $\text{NO}_x$  の三成分を同時に浄化する機能を有している。

【0020】共通排気通路2上には、後述する $\text{NO}_x$  浄化触媒としての $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7が配置されている。図1に29で示すのは、共通排気通路2の $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7上流側に配置された上流側空燃比センサ、31で示すのは、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7下流側の排気通路2に配置された下流側空燃比センサである。本実施形態では、空燃比センサ29及び31は、排気空燃比に応じて出力信号が連続的に変化する、いわゆるリニア空燃比センサとされる。空燃比センサ29と31との出力信号は機関1の空燃比制御に用いられる。

【0021】また、本実施形態では $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7下流側の排気通路2の下流側空燃比センサ31近傍には排気中の $\text{NO}_x$  濃度に応じた信号を出力する $\text{NO}_x$  センサ33が配置されている。 $\text{NO}_x$  センサ33については後述する。更に、図1に30で示すのは機関1の電子制御ユニット（ECU）である。ECU30は、本実施形態ではRAM、ROM、CPUを備えた公知の構成のマイクロコンピュータとされ、機関1の空燃比制御や燃料噴射制御等の基本制御を行なっている。また、本実施形態では、ECU30は上記の基本制御を行う他に、後述するように $\text{NO}_x$  センサ出力のずれを検出し、センサ出力の補正を行う偏差学習手段、補正手段としての機能を有している。

【0022】ECU30の入力ポートには、空燃比センサ29と31とからそれぞれ $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7の上流側と下流側とにおける排気空燃比を表す信号が、また、 $\text{NO}_x$  センサ33から $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7通過後の排気中の $\text{NO}_x$  濃度を表す信号が、それぞれ図示しないAD変換器を介して入力されている。また、ECU30の出力ポートは、各気筒への燃料噴射量及び燃料噴射時期を制御するために、図示しない燃料噴射回路を介して各気筒の燃料噴射弁111から114に接続されている。

【0023】次に、本実施形態の $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7について説明する。本実施形態の $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7は、例えばアルミナを担体とし、この担体上に例えばカリウムK、ナトリウムNa、リチウムLi、セシウムCsのようなアルカリ金属、バリウムBa、カルシウムCaのようなアルカリ土類、ランタンLa、セリウムCe、イットリウムYのような希土類から選ばれた少なくとも一つの成分と、白金Ptのような貴金属とを担持したものである。 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒は流入する排気空燃比がリーンのときに、排気中の $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}_2$ 、 $\text{NO}$ ) を硝酸イオン $\text{NO}_3^-$  の形で吸収し、流入排気空燃比がリッチになると吸収した $\text{NO}_x$  を放出する $\text{NO}_x$  の吸放出作用を行う。

【0024】この吸放出のメカニズムについて、以下に白金PtおよびバリウムBaを使用した場合を例にとりて説明するが他の貴金属、アルカリ金属、アルカリ土類、希土類を用いても同様なメカニズムとなる。流入排



気中の酸素濃度が増大すると（すなわち排気の空燃比がリーン空燃比になると）、これら酸素は白金Pt上に $O_2^-$ または $O^{2-}$ の形で付着し、排気中の $NO_x$ は白金Pt上の $O_2^-$ または $O^{2-}$ と反応し、これにより $NO_2$ が生成される。また、流入排気中の $NO_2$ 及び上記により生成した $NO_2$ は白金Pt上で更に酸化されつつ触媒中に吸収されて酸化バリウムBaOと結合しながら硝酸イオン $NO_3^-$ の形で触媒内に拡散する。このため、リーン雰囲気下では排気中の $NO_x$ が触媒内に硝酸塩の形で吸収されるようになる。

【0025】また、流入排気中の酸素濃度が大幅に低下すると（すなわち、排気の空燃比が理論空燃比またはリッチ空燃比になると）、白金Pt上での $NO_2$ 生成量が減少するため、反応が逆方向に進むようになり、触媒内の硝酸イオン $NO_3^-$ は $NO_2$ の形で触媒から放出されるようになる。この場合、排気中にCO等の還元成分やHC、 $CO_2$ 等の成分が存在すると白金Pt上でこれらの成分により $NO_2$ が還元される。

【0026】本実施形態では、リーン空燃比運転可能な機関1が使用されており、機関1がリーン空燃比で運転されているときには、 $NO_x$ 吸蔵還元触媒は流入する排気中の $NO_x$ を吸収する。また、機関1がリッチ空燃比で運転されると、 $NO_x$ 吸蔵還元触媒7は吸収した $NO_x$ を放出、還元浄化する。本実施形態では、リーン空燃比運転中に $NO_x$ 吸蔵還元触媒7に吸収された $NO_x$ 量が増大し、 $NO_x$ 吸蔵還元触媒7の $NO_x$ 吸蔵能力低下のために $NO_x$ 吸蔵還元触媒7に吸収されずに通過する未浄化の $NO_x$ 量が増大すると、短時間機関空燃比をリーン空燃比からリッチ空燃比に切り換えるリッチスパイク運転を行い、 $NO_x$ 吸蔵還元触媒からの $NO_x$ の放出と還元浄化（ $NO_x$ 吸蔵還元触媒の再生）を行なうようにしている。

【0027】なお、機関1の実際の空燃比制御及びリッチスパイク制御については、公知のいずれの制御も使用可能であり本発明の本質部分とは関係しないため詳細な説明は省略する。次に、本実施形態の $NO_x$ センサ33の $NO_x$ 検出原理について説明する。図2は、本実施形態の $NO_x$ センサ33の構成を模式的に示す図である。

【0028】図2において、 $NO_x$ センサ33は、ジルコニア（ $ZrO_2$ ）等の固体電界質331からなり、固体電解質内には、拡散律速部335を介して排気通路に連通する第1反応室340、第1反応室340と拡散律速部337を介して連通する第2反応室350及び、標準気体としての大気が導入される大気室360を備えている。拡散律速部335、337はそれぞれ第1反応室340、第2反応室350への酸素成分の拡散による流入を抑制し、排気通路内の排気と第1反応室、第1の反応室と第2反応室との間の酸素濃度差を維持可能とするものである。

【0029】図2に341で示すのは第1反応室340

内に配置された白金電極（陰極）、342で示すのは陰極341と固体電解質331を挟んでセンサ33外部に設けられた同様な白金電極（陽極）である。また、第2反応室350内には同様な白金電極350と $NO_x$ 検出用のロジウム（Rh）電極353が、大気室360内には参照用の白金電極361が、それぞれ配置されている。図に370で示すのは固体電解質加熱用の電気ヒータである。

【0030】第1反応室340の電極341と外部電極342、及び第2反応室の電極351と外部電極342とは、それぞれ第1反応室340と第2反応室350内の排気中の酸素を外部に排出する酸素ポンプとして機能する。固体電解質331が一定の温度以上のときに電極341と342、及び電極351と342との間に電圧を印加すると陰極341、351上では排気中の酸素分子がイオン化され、イオン化した酸素分子が固体電解質331内を陽極342に向かって移動して陽極342上で再び酸素分子になる。このため、第1反応室340、第2反応室350内の排気中の酸素が外部に排出される。また、酸素イオンの移動に伴って、電極342と341及び351との間には単位時間に移動した酸素分子の量に比例する電流が流れる。このため、この電流を制御することにより各反応室から排出される酸素量を制御することができる。

【0031】また、本実施形態では大気室360の電極361と各反応室内の電極341、351との間には酸素電池が形成される。第1と第2反応室内の排気は酸素濃度が大気に較べて低いため、大気室360内の大気と各反応室内の排気との間には酸素の濃度差が生じている。大気室360と各反応室340、350とを隔てる固体電解質の温度がある温度以上になると、外部から電極間に電圧を印加しない状態では酸素濃度差により大気室360内から固体電解質331を通して反応室340、350に酸素が移動するようになる。すなわち、大気室360内の大気中の酸素分子は電極361上でイオン化し、固体電解質331内を移動して酸素濃度の低い反応室340、350の電極341、351上で再び酸素分子になる。このため、電極361と各電極341、351との間には大気の酸素濃度と各反応室内の酸素濃度との差に応じた電圧が発生する。大気の酸素濃度は一定であるため、電極361と各電極341、351との電位差 $V_0$ 、 $V_1$ （図2）はそれぞれ第1反応室340と第2反応室351内の排気の酸素濃度を表すようになる。

【0032】本実施形態では、前述したように、各反応室から酸素を外部に排出する酸素ポンプ（電極341と342、電極351と342）が備えられており、それぞれの酸素ポンプの酸素排出速度はそれぞれの電極間のポンプ電流 $I_{p0}$ 、 $I_{p1}$ （図2）を調節することにより、各反応室内の排気の酸素濃度（すなわち、電圧 $V$

0、V1)が所定の一定値になるように制御される。本実施形態では第1反応室340内の酸素濃度は例えば1ppm程度に、また、第2の反応室350内の酸素濃度は例えば0.01ppm程度になるようにポンプ電流 $I_{p0}$ 、 $I_{p1}$ が制御されている。このため、第2反応室350内は極めて酸素濃度の低い還元雰囲気に維持される。一方、排気中の $NO_x$  ( $NO$ 、 $NO_2$ )は酸素ポンプによっては外部に排出されないため第1、第2反応室中の排気の $NO_x$ 濃度は外部の排気と同一に維持される。ところが、第2反応室の $NO_x$ 検出電極353はロジウム(Rh)であるため還元触媒として機能し、還元雰囲気下で $NO_x$  ( $NO$ 、 $NO_2$ )を還元する。また、大気室360の参照電極361と $NO_x$ 検出電極353との間には電圧が印加されているため、 $NO_x$ 検出電極353上では、 $NO \rightarrow (1/2)N_2 + (1/2)O_2$ 、または $NO_2 \rightarrow (1/2)N_2 + O_2$ の反応が生じ $NO_x$ の還元により酸素が発生するようになる。この酸素は、電極353上でイオン化して大気室360の参照電極361に向かって固体電解質331中を移動し、参照電極361上で酸素分子を形成する。第2反応室350内の酸素濃度は極めて低いため、参照電極361に向かって固体電解質中を流れる酸素イオンはその全量が排気中の $NO_x$ の還元により生じたことになる。すなわち、固体電解質中を単位時間あたりに流れる酸素イオンの量は、第2反応室内の $NO_x$ 濃度(排気通路内の排気の $NO_x$ 濃度)に応じた量になる。従って、この酸素イオンの移動に伴って発生する電流値(図2、 $I_{p2}$ )を計測することにより排気通路内の排気の $NO_x$ 濃度を検出することができる。本実施形態の $NO_x$ センサ33は、上記電流値 $I_{p2}$ を電圧信号に変換し、 $NO_x$ 吸蔵還元触媒7通過後の排気中の $NO_x$ 濃度に応じた電圧信号VNOXを出力するものである。

【0033】本実施形態では、機関1のリーン空燃比運転中 $NO_x$ センサ33出力が所定値VOX1に到達する毎に機関1を短時間リッチ空燃比で運転するリッチスパイク運転を行い、 $NO_x$ 吸蔵還元触媒7に流入する排気空燃比をリッチに切り換える。これにより、排気の酸素濃度が低下するとともに排気中の未燃HC、CO等の還元剤成分が増大する。このため、 $NO_x$ 吸蔵還元触媒7からは吸蔵した $NO_x$ が放出され、排気中の還元剤成分により $NO_x$ 吸蔵還元触媒7上で還元浄化される。本明細書では、上述の $NO_x$ 吸蔵還元触媒7から吸蔵した $NO_x$ を放出させ還元浄化する操作を「 $NO_x$ 吸蔵還元触媒の再生操作」と呼ぶ。

【0034】図3は、再生操作実行による $NO_x$ 吸蔵還元触媒7通過後の排気中の $NO_x$ 濃度の変化を示す図である。図3において、縦軸は $NO_x$ 吸蔵還元触媒7下流側の $NO_x$ センサ33出力VNOX、横軸は時間を表している。機関1がリーン空燃比で運転中 $NO_x$ 吸蔵還元触媒7は排気中の $NO_x$ を吸収するが、 $NO_x$ 吸蔵還元

触媒7に吸収された $NO_x$ の量が増大するにつれて $NO_x$ 吸蔵還元触媒7の $NO_x$ 吸蔵能力が低下するため $NO_x$ 吸蔵還元触媒7下流側に流出する未浄化の $NO_x$ 量が徐々に増大する。このため、 $NO_x$ センサ33出力VNOXも徐々に増大する(図3、NS部分)。本実施形態では、前述のようにこの流出 $NO_x$ 濃度が所定値(図3、VNOX1)に到達すると、制御回路30は短時間機関1をリッチ空燃比で運転するリッチスパイク操作を行い、 $NO_x$ 吸蔵還元触媒7の再生を行う(図3、時点RS)。リッチスパイク操作が行われてリッチ空燃比の排気が $NO_x$ 吸蔵還元触媒7に流入すると、短時間未浄化の $NO_x$ が $NO_x$ 吸蔵還元触媒7から放出されるが(図3、NH部分)その後 $NO_x$ 吸蔵還元触媒7から放出された $NO_x$ は触媒上で還元されるようになり、未浄化の $NO_x$ の放出は短時間で終了する。

【0035】前述したように、本実施形態では図2に示す構造の $NO_x$ センサ33を使用して $NO_x$ 吸蔵還元触媒7下流側の排気 $NO_x$ 濃度を検出している。しかし、 $NO_x$ センサ33は使用とともに徐々に電極や固体電解質が劣化しセンサ出力にドリフトを生じるようになる。このため、図3に示したような再生制御を行っている場合には、 $NO_x$ センサ33出力のドリフトによりセンサ検出値と実際の $NO_x$ 濃度との間にずれが生じると適切なタイミングで $NO_x$ 吸蔵還元触媒7の再生操作を実行できなくなる問題がある。

【0036】本実施形態では、以下に説明する方法で $NO_x$ センサ33出力のずれを検出し、 $NO_x$ センサ33出力を補正することにより正確に $NO_x$ 吸蔵還元触媒7下流側の排気 $NO_x$ 濃度を検出するようにして常に適切な $NO_x$ 吸蔵還元触媒7の再生操作を行う。以下、 $NO_x$ センサ出力ずれの検出と、出力ずれの補正について説明する。

(1)  $NO_x$ センサ出力ずれの検出。

【0037】本実施形態では、機関1が $NO_x$ 吸蔵還元触媒7通過後の排気中の $NO_x$ 濃度がほぼゼロになる運転状態で運転されているときの $NO_x$ センサ33出力に基づいて $NO_x$ センサ33出力のずれを検出する。すなわち、この状態では本来 $NO_x$ センサ33出力は $NO_x$ 濃度ゼロに相当する出力になっているはずであるため、 $NO_x$ センサ33が濃度ゼロ相当出力以外の出力である場合には濃度ゼロ相当出力と現実の $NO_x$ センサ出力との差が $NO_x$ センサ出力のずれに相当することになる。

【0038】ここで、機関1の「 $NO_x$ 吸蔵還元触媒7通過後の排気中の $NO_x$ 濃度がほぼゼロになる運転状態」とは、(i)  $NO_x$ 吸蔵還元触媒7が正常に機能しており、かつ、(ii)  $NO_x$ 排出量が低くなる状態で機関1が運転されている、状態を意味している。また、上記(i)の $NO_x$ 吸蔵還元触媒7が正常に機能している状態とは、① $NO_x$ 吸蔵還元触媒が劣化しておらず、②排気中の $NO_x$ を吸収可能な状態(例えば $NO_x$ 吸蔵

還元触媒7に流入する排気空燃比がリーンであり、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7温度が適切な範囲にある状態)である。

【0039】以下、上記①、②の条件について説明する。

①  $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7の劣化していないこと。 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒は種々の原因で劣化し、 $\text{NO}_x$  吸蔵能力が低下する。例えば排気中に $\text{SO}_x$  (硫酸化物)が含まれていると $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒は $\text{NO}_x$ の吸収と同一のメカニズムで $\text{SO}_x$ を吸収し、硫酸塩(例えば $\text{BaSO}_4$ )の形で触媒内に $\text{SO}_x$ を保持するようになる。ところが、硫酸塩は硝酸塩に比較して安定性が高く通常の $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒の再生操作では $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒から放出されない。このため、排気中に $\text{SO}_x$ が含まれていると運転中徐々に $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒内に $\text{SO}_x$ が蓄積されてしまい、 $\text{NO}_x$ の吸収に関与できる吸収剤(例えば $\text{BaO}$ )の量が減少し、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒の $\text{NO}_x$  吸蔵能力が低下する。従って、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒が劣化すると排気中の $\text{NO}_x$ のうち $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒に吸収されずに通過する $\text{NO}_x$ 量が増大するようになり、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒通過後の排気中の $\text{NO}_x$ がほぼゼロになる状態を達成できなくなる。

【0040】本実施形態では、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒に劣化が生じているか否かは以下のいずれかの方法で判定する。図4は、劣化が生じた場合の $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒通過後の排気中の $\text{NO}_x$ 濃度の再生操作(リッチスパイク)前後の変化を示す図3と同様な図である。図4において、実線は劣化が生じていない場合の $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒通過後の排気 $\text{NO}_x$ 濃度を、点線は劣化が生じた場合の通過排気の $\text{NO}_x$ 濃度をそれぞれ示している。

【0041】 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒の $\text{NO}_x$  吸蔵能力は $\text{NO}_x$ の吸蔵量が増大するにつれて低下するため、 $\text{NO}_x$  吸収中の $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒通過後の排気の $\text{NO}_x$ 濃度は $\text{NO}_x$  吸蔵量の増大につれて徐々に増大する(図4、NS部分)そして、この $\text{NO}_x$ 濃度が所定値( $\text{VNOX1}$ )に到達すると前述の再生操作が行われ、下流側排気の $\text{NO}_x$ 濃度は一時的に上昇し(図4、NH部分)その後低下する。この再生操作完了直後には下流側排気の $\text{NO}_x$ 濃度(図4A点)は最も低くなり、 $\text{NO}_x$ 吸蔵還元触媒の最大吸蔵能力に応じた値になる。

【0042】ところが、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒が劣化して $\text{NO}_x$  吸蔵能力が低下すると、図4点線に示すように再生操作を実行しても十分に $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒の吸蔵能力が回復しなくなり、図4点線に示すようにA点での $\text{NO}_x$ 濃度が上昇するようになる。このため、一定の機関運転状態での再生操作完了直後の $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒通過後の排気中の $\text{NO}_x$ 濃度を監視し、この $\text{NO}_x$ 濃度(図4A点)がある程度以上に増大した場合に $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒が劣化したと判定することができる。

【0043】また、図4点線から判るように $\text{NO}_x$  吸蔵

還元触媒が劣化すると再生操作の実行間隔 $T'$ (再生操作完了後、 $\text{NO}_x$ 濃度が $\text{VNOX1}$ に到達するまでの時間)は劣化していない場合の実行間隔(図4、 $T$ )に比べて短くなる。このため、一定の機関運転状態での $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒の再生操作実行間隔を監視し、この実行間隔が所定値より短くなった場合に $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒が劣化したと判定するようにしても良い。

【0044】更に、再生操作実行時に $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒に流入する排気はリッチ空燃比にされるが、この場合 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒から流出する排気空燃比は直ちにリッチ空燃比には変化しない。例えば、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒に流入する排気空燃比がリッチになると $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒からは $\text{NO}_x$ が放出され排気中の $\text{HC}$ 、 $\text{CO}$ 等の還元成分と反応し還元される。すなわち、排気中の $\text{HC}$ 、 $\text{CO}$ 成分は放出された $\text{NO}_x$ により酸化されることになる。このため、 $\text{NO}_x$ 放出中は $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒下流側の排気空燃比は理論空燃比近傍に維持されるようになる。そして、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒からの $\text{NO}_x$ の放出が終了すると排気中の $\text{HC}$ 、 $\text{CO}$ 成分は酸化されなくなるため $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒下流側の排気空燃比は上流側の排気空燃比と同様にリッチ空燃比に変化する。再生操作開始後 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒下流側の排気空燃比が理論空燃比に維持される時間は $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒の $\text{NO}_x$  吸蔵量に応じて長くなる。このため、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒が劣化して $\text{NO}_x$  吸蔵量が低下すると劣化していない場合に較べて、再生操作開始後の上記理論空燃比維持時間は短くなる。従って、一定の機関運転状態において再生操作開始後の $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒下流側の排気空燃比を下流側空燃比センサ31で監視し、上記理論空燃比維持時間が所定値より短くなった場合に $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒が劣化したと判定するようにすることも可能である。

【0045】②  $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒が $\text{NO}_x$ を吸収可能な状態であること。 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒が流入する排気中の $\text{NO}_x$ を吸収可能であるためには、流入排気空燃比がリーンであることとともに、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒温度が適切な範囲にあることが必要となる。例えば、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒温度が活性化温度より低い場合には触媒の活性が低く、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒は $\text{NO}_x$ を吸収することはできない。また、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒温度が過度に高くなると $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒に吸蔵された $\text{NO}_x$ が熱により放出されるようになる。このため、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒通過後の排気の $\text{NO}_x$ 濃度がほぼゼロになるためには、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒温度が活性化温度(例えば $250^\circ\text{C}$ 程度)以上であり、 $\text{NO}_x$ の熱放出が生じる温度(例えば $400^\circ\text{C}$ 程度)以下になっている必要がある。

【0046】すなわち、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒が $\text{NO}_x$ を吸収可能であるためには、流入する排気空燃比がリーンであり、かつ $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒温度が適切な温度範囲

(例えば250~400℃程度)にあることが必要となる。本実施形態では、予め触媒温度と機関排気温度との関係を実験的に求めてありECU30のROMにこの関係を数値テーブルの形で格納してある。ECU30は機関運転中に排気温度からこの関係を用いて触媒温度を算出するようにしている。なお、機関排気温度は排気通路に温度センサを設け直接検出してもよいし、予め実験的に機関負荷条件(空燃比、燃料噴射量、回転数)と機関排気温度との関係を求めておき、機関負荷条件に基づいて排気温度を算出するようにしても良い。

【0047】次に、前述の条件(i i)(機関がNO<sub>x</sub>排出量の低い状態で運転されていること)について説明する。機関のNO<sub>x</sub>排出量は運転空燃比、燃料噴射量、回転数等の機関負荷状態に応じて変化するが、一般に高負荷高回転での運転時にはNO<sub>x</sub>排出量は大きくなり、アイドル等の軽負荷運転時には小さくなる。

【0048】また、機関で一定の期間燃焼が行われていない場合、すなわちフューエルカット操作などにより一定の期間機関への燃料供給が停止されているような場合

(例えば長い降坂路を走行中で一定の期間エンジンプレーキ状態が続いているような場合)には機関のNO<sub>x</sub>排出量はほぼゼロになる。そこで、本実施形態では機関が軽負荷運転されているような場合(例えばアイドル時)やフューエルカットが一定の期間継続したような場合には機関がNO<sub>x</sub>排出量の低い状態で運転されていると判断するようにしている。

【0049】すなわち、上記(i)と(i i)の条件を要約すると、本実施形態では以下の条件が成立したときにNO<sub>x</sub>センサ33の出力のずれの検出を行う。

(A) 触媒が劣化していないこと。

(B) 触媒温度が所定の温度範囲にあること。

(C) 機関のリーン空燃比軽負荷運転(例えばアイドル運転)が行われているか、または一定期間フューエルカット操作が継続していること。

【0050】上記(A)から(C)の条件が成立した場合には、機関のNO<sub>x</sub>排出量は極めて低くなり、更に機関から排出された少量のNO<sub>x</sub>もNO<sub>x</sub>吸蔵還元触媒7でほぼ完全に吸収されるためNO<sub>x</sub>吸蔵還元触媒を通過して下流側のNO<sub>x</sub>センサ33に到達する排気中のNO<sub>x</sub>濃度はほぼゼロになっている。本実施形態では、上記条件が成立した場合のNO<sub>x</sub>センサの実際の出力とNO<sub>x</sub>濃度ゼロ相当出力との偏差からNO<sub>x</sub>センサ33の出力ずれを学習する。

【0051】図5は、上記に説明したNO<sub>x</sub>センサ出力ずれ学習操作の実際を説明するフローチャートである。本操作はECU30により一定時間毎に実行されるルーチンとして行われる。図5において操作がスタートすると、ステップ501ではNO<sub>x</sub>センサ出力ずれの検出

(学習)条件が成立しているか否かが判定される。前述したように、ステップ501では、(A)触媒が劣化して

いないこと、(B)触媒温度が所定の温度範囲にあること、(C)機関のリーン空燃比軽負荷運転(例えばアイドル運転)が行われているか、または一定期間フューエルカット操作が継続していること、の3つの条件が全て成立した場合に学習条件が成立したと判定される。

【0052】上記いずれか一つまたはそれ以上の条件が成立していない場合には、NO<sub>x</sub>吸蔵還元触媒7通過後の排気中にNO<sub>x</sub>が含まれている可能性があるため、NO<sub>x</sub>センサ33出力ずれの学習は行わず、直ちに操作を終了する。また、ステップ501で学習条件が成立した場合には、現在NO<sub>x</sub>センサ33にはNO<sub>x</sub>をほとんど含まない排気が到達しているため、ステップ503以下のセンサ出力ずれの学習操作を実行する。

【0053】すなわち、ステップ503ではNO<sub>x</sub>センサ33出力VNOXが読み込まれ、ステップ505では前回操作実行時に算出したセンサ出力ずれNSOFFが読み込まれる。そして、ステップ507ではNO<sub>x</sub>センサ33の平滑化出力(なまし値)VSOが、 $VSO = (VNOX + VSO) / 2$ として算出される。すなわち、平滑化出力VSOは前回操作実行時の平滑化出力VSOと今回操作実行時のNO<sub>x</sub>センサ33出力VNOXとの算術平均として算出される。ステップ507の平滑化処理を行うことにより、外乱等の影響によるNO<sub>x</sub>センサ出力の変動が平滑化される。

【0054】ステップ509はセンサ出力のずれ(オフセット)VOFFの算出操作を示す。オフセットVOFFは、 $VOFF = VNOX_0 - VSO$ として算出される。ここで、VNOX<sub>0</sub>はNO<sub>x</sub>濃度ゼロに相当するNO<sub>x</sub>センサ33出力の基準値、VSOはステップ507で算出されたNO<sub>x</sub>センサ33の平滑化出力である。そして、ステップ511ではオフセットVOFFをステップ507と同様な方法で平滑化処理してオフセットの平滑値NSOFFが、 $NSOFF = (VOFF + NSOFF) / 2$ として算出される。ステップ511で算出したオフセット平滑値NSOFFは、例えば電源スイッチがオフにされても記憶内容を保持可能なバックアップRAMに格納される。

【0055】なお、本実施形態では機関運転中にNO<sub>x</sub>センサ出力のずれを学習しているが、機関停止後は機関からはNO<sub>x</sub>は排出されずNO<sub>x</sub>センサ33近傍の排気のNO<sub>x</sub>濃度は極めて低くなる。このため、予めヒータ370(図2)によりNO<sub>x</sub>センサ33を充分に予熱しておくことが可能であれば機関の始動前(或いは機関停止後)にNO<sub>x</sub>センサ出力のずれを学習することも可能である。

【0056】次に、図6を用いて上記により算出したNO<sub>x</sub>センサ33出力のオフセット値NSOFFを用いて補正したNO<sub>x</sub>センサ出力に基づく再生操作について説明する。図6の操作はECU30により一定時間毎に実行されるルーチンにより行われる。図2で説明したよう

に、本操作ではリーン空燃比運転中に( $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7が $\text{NO}_x$ を吸収中に)補正後の $\text{NO}_x$  センサ33出力が所定値 $\text{VNOX1}$ に到達する毎に短時間機関1をリッチ空燃比で運転するリッチスパイク操作を行うことにより $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7の再生を行う。

【0057】図6の操作がスタートすると、ステップ601では現在機関1がリーン空燃比で運転されているかが判定される。現在機関1がリーン空燃比で運転されていない場合、すなわち機関がリッチ空燃比または理論空燃比で運転されている場合には $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒の再生操作を実行する必要はないため、図6の操作は直ちに終了する。

【0058】ステップ601で現在機関1がリーン空燃比で運転されている場合には、次にステップ603で $\text{NO}_x$  センサ33出力 $\text{VNOX}$ が読み込まれ、ステップ605では図5、ステップ507と同様な操作によりセンサ出力の平滑値 $\text{VS}$ が、 $\text{VS} = (\text{VNOX} + \text{VS}) / 2$ として算出される。また、ステップ607では、図5の操作で算出した $\text{NO}_x$  センサ33出力のオフセット平滑値 $\text{NSOFF}$ が読み込まれるとともに、ステップ609ではステップ605で算出したセンサ出力平滑値 $\text{VS}$ が、 $\text{NSOFF}$ を用いて補正され、補正出力値 $\text{NOS}$ が、 $\text{NOS} = \text{VS} + \text{NSOFF}$ として算出される。

【0059】ステップ611は補正出力値 $\text{NOS}$ に基づく $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7の再生操作要否の判定を示す。すなわち、ステップ611では補正出力値 $\text{NOS}$ が所定値 $\text{VNOX1}$ 以上になっているかを判定し、 $\text{NOS} \geq \text{VNOX1}$ であった場合にはステップ613に進み再生操作実行フラグ $\text{XRS}$ の値を1にセットした後本操作は終了する。

【0060】再生操作実行フラグ $\text{XRS}$ の値が1にセットされると、別途ECU30により実行される図示しないルーチンにより、一定時間機関1の運転空燃比はリッチ空燃比に切り換えられ、その後リーン空燃比に復帰する。また、リーン空燃比復帰時にフラグ $\text{XRS}$ の値は0にリセットされる。このリッチスパイク操作により $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7に吸収されていた $\text{NO}_x$ は放出され、リッチ空燃比排気中の $\text{HC}$ 、 $\text{CO}$ 成分により還元浄化される。

【0061】上述のように、本実施形態では $\text{NO}_x$  センサ33の出力ずれを学習し、学習した出力ずれに基づいて実際の $\text{NO}_x$  センサ33出力を補正するようにしたことにより、常に $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒通過後の排気中の $\text{NO}_x$ 濃度を正確に検出できるため、適切なタイミングで $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒の再生操作を実行することができる。

【0062】なお、上記の実施形態では短時間機関1をリッチ空燃比で運転することにより $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒の再生操作を行っているが、別の操作により $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒の再生を行うことも可能である。図7は、 $\text{NO}_x$

$\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7上流側の排気通路に還元剤を噴射することにより $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒の再生を行う場合の実施形態の概略構成を示す図である。図7において図1と同じ参照符号は同様な要素を示している。図7の装置では、還元剤供給装置9が設けられている点が図1の実施形態と相異している。還元剤供給装置9は、排気通路2の $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7上流側に還元剤を噴射する還元剤噴射ノズル91と、加圧還元剤供給源92、及び還元剤噴射ノズル91からの還元剤噴射量を制御する制御弁93とを備えている。

【0063】ノズル91から噴射される還元剤としては、水素、一酸化炭素等の還元成分や液状または気体状の炭化水素等が使用可能であるが、本実施形態では、保存、補給の便を考慮して機関1の燃料が使用されている。このため、加圧還元剤供給源92は、機関1の燃料系統(図示せず)から供給される加圧燃料を制御弁93を介してノズル91から噴射する。

【0064】本実施形態では、図6の操作により再生操作実行フラグの値が1にセットされると、ECU30は還元剤供給装置9から短時間還元剤を排気通路2に噴射する。噴射された還元剤が $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7に到達すると還元剤の一部が $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7上で酸化され、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7の雰囲気空燃比がリッチになるとともに、未燃 $\text{HC}$ 、 $\text{CO}$ 等が生成される。これにより $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒7から吸収した $\text{NO}_x$ が放出され、排気中の $\text{HC}$ 、 $\text{CO}$ により還元浄化される。

【0065】なお、上述の各実施形態では $\text{NO}_x$  浄化触媒として $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒を用いた場合に例をとって説明したが、本発明の適用は $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒に限定されるわけではなく、例えば選択還元触媒を $\text{NO}_x$  浄化触媒として用いた場合にも適用することができる。選択還元触媒では、例えばゼオライトに触媒成分として、銅( $\text{Cu}$ )をイオン交換等により、或いは白金( $\text{Pt}$ )を含浸などにより担持させた物が用いられる。選択還元触媒は排気空燃比がリーンのときに、適量の $\text{HC}$ 、 $\text{CO}$ 等の存在下で $\text{NO}_x$ を $\text{HC}$ 、 $\text{CO}$ と選択的に反応させることにより、排気中の $\text{NO}_x$ を還元して $\text{N}_2$ に転換する機能を有している。すなわち、選択還元触媒では、流入する排気中に炭化水素( $\text{HC}$ )等の成分が存在すると、これら $\text{HC}$ 成分等がゼオライトの細孔に吸着される。また、選択還元触媒の白金、銅等の金属成分にはリーン空燃比下で排気中の $\text{NO}_x$ 成分が吸着される。そして、ゼオライトに吸着された $\text{HC}$ 等の成分は一定の温度範囲で表面に侵出し白金、銅等の表面に吸着された $\text{NO}_x$ と反応し $\text{NO}_x$ が還元浄化される。

【0066】選択還元触媒では上記のように $\text{NO}_x$ を浄化するためには適量の $\text{HC}$ 成分等が必要となる。このため、選択還元触媒に吸着された $\text{HC}$ 成分等が不足すると $\text{NO}_x$ の浄化率が低下して選択還元触媒通過後の排気中の $\text{NO}_x$ 濃度が増大する。そこで、 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒



の場合と同様に、選択還元触媒下流側に $\text{NO}_x$  センサを配置し、 $\text{NO}_x$  センサで検出した $\text{NO}_x$  濃度が所定値まで増大したときに選択還元触媒にHC等の成分を供給することにより、常に選択還元触媒の $\text{NO}_x$  浄化率を高い値に維持することが可能となる。

【0067】この場合も、 $\text{NO}_x$  センサの出力にずれが生じると選択還元触媒での適切な $\text{NO}_x$  の浄化が行えなくなるため、前述の実施形態と同様な $\text{NO}_x$  センサ出力のずれの学習と補正とが必要となる。この場合の $\text{NO}_x$  センサ出力の補正及び再生操作（選択還元触媒へのHC成分等の供給）は図5、図6で説明したものと同様となるので詳細な説明は省略する。また、選択還元触媒へのHC成分等の供給は図1と同様に短時間機関1をリッチ空燃比で運転することにより行うことも、図7と同様に還元剤供給装置9から選択還元触媒上流側の排気通路に還元剤（燃料等）噴射することにより行うことも可能である。

【0068】

【発明の効果】各請求項に記載の発明によれば、 $\text{NO}_x$  センサの劣化等によりセンサ出力のドリフトが生じたような場合にも正確に排気中の $\text{NO}_x$  濃度を検出することが可能となる共通の効果を奏する。請求項2から請求項4に記載の発明では、補正後の $\text{NO}_x$  センサ出力に基づいて $\text{NO}_x$  浄化触媒に流入する排気の性状を調整するようにしたことにより、上記共通の効果に加えて更に、N

$\text{O}_x$  浄化触媒で常に適切な $\text{NO}_x$  の浄化を行うことが可能となる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の排気浄化装置を自動車用ガソリン機関に適用した実施形態の概略構成を説明する図である。

【図2】図1の $\text{NO}_x$  センサの構造の一例を示す模式図である。

【図3】再生操作実行前後の $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒通過後の排気中の $\text{NO}_x$  濃度の変化を示す図である。

【図4】 $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒劣化による触媒通過後の排気中の $\text{NO}_x$  濃度の変化を示す図である。

【図5】 $\text{NO}_x$  センサ出力ずれ学習操作を説明するフローチャートである。

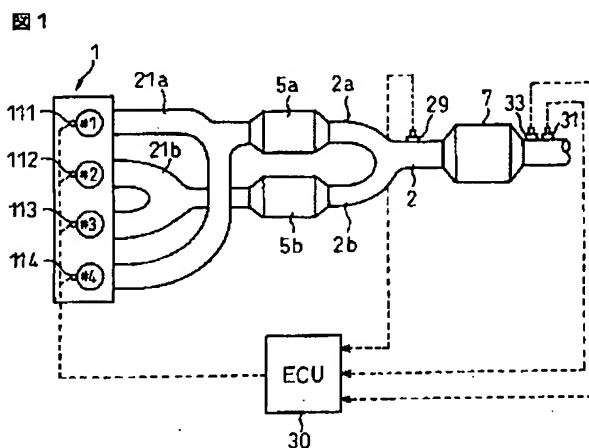
【図6】補正後の $\text{NO}_x$  センサ出力に基づく $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒の再生操作を説明するフローチャートである。

【図7】本発明の排気浄化装置の図1とは別の実施形態の概略構成を説明する図である。

【符号の説明】

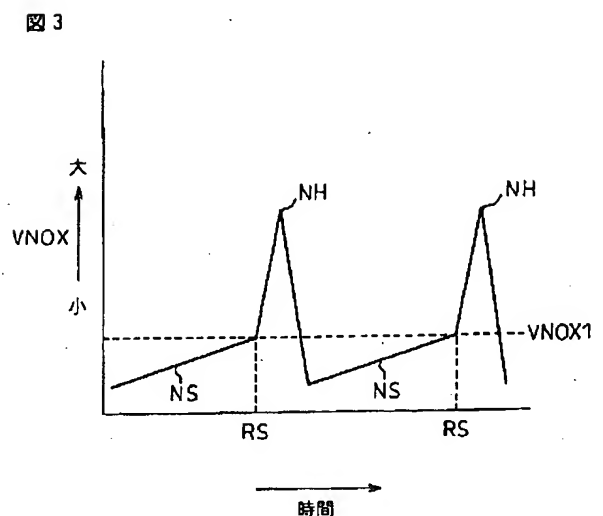
- 1…内燃機関
- 2…排気通路
- 7… $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒
- 9…還元剤供給装置
- 30…電子制御ユニット（ECU）
- 29、31… $\text{O}_2$  センサ
- 33… $\text{NO}_x$  センサ

【図1】

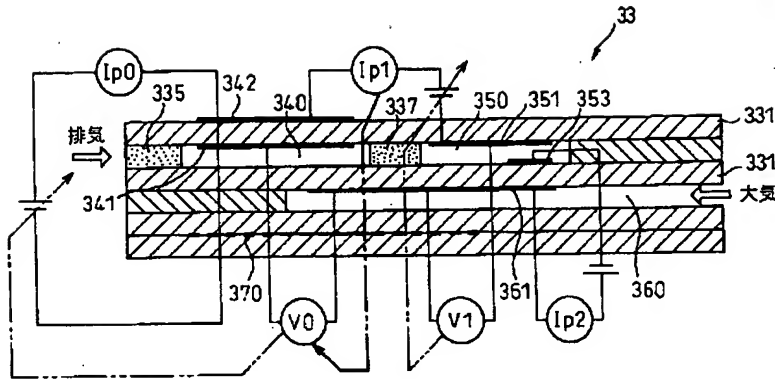


- 1…内燃機関
- 2…排気通路
- 5a、5b…スタートキャタリスト
- 7… $\text{NO}_x$  吸蔵還元触媒
- 29、31… $\text{O}_2$  センサ
- 30…電子制御ユニット（ECU）
- 33… $\text{NO}_x$  センサ

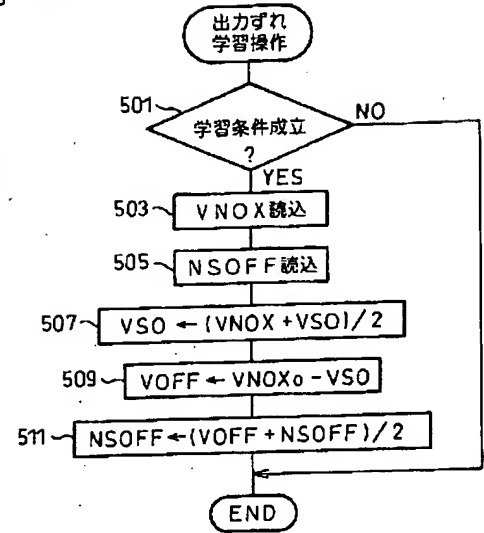
【図3】



【図 2】

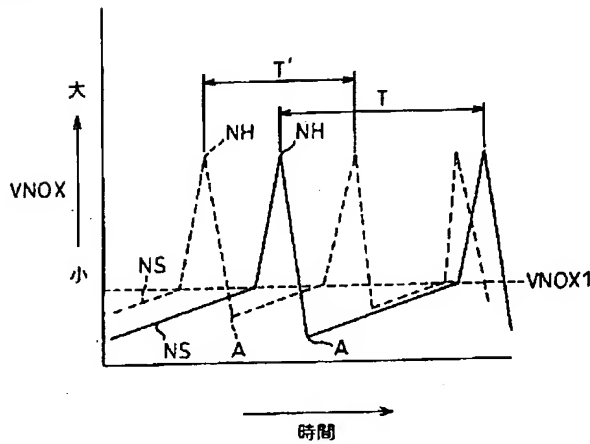


【図 5】



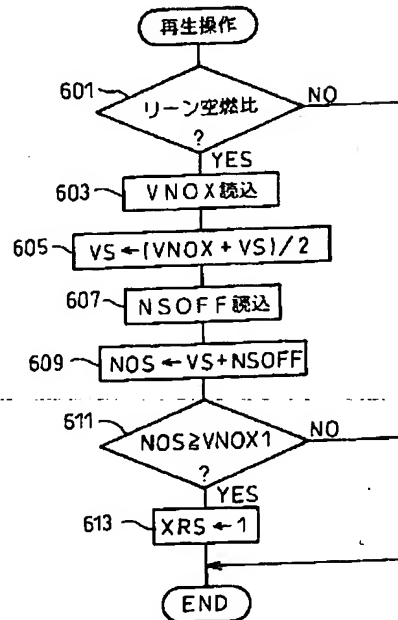
【図 4】

図 4



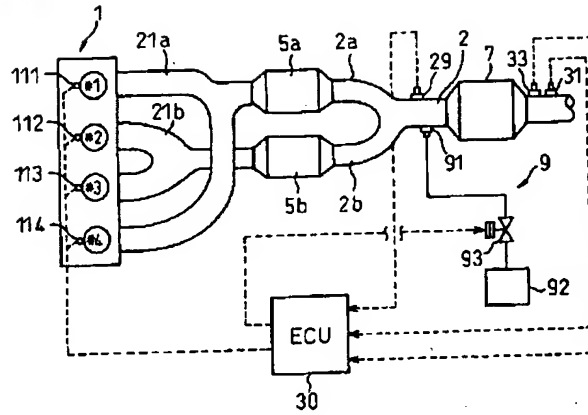
【図 6】

図 6



【図 7】

図 7



- 1…内燃機関
- 2…排気通路
- 5 a, 5 b…スタートキャタリスト
- 7…NO<sub>x</sub> 吸蔵還元触媒
- 9…還元剤供給装置
- 29, 31…空燃比センサ
- 30…電子制御ユニット (ECU)
- 33…NO<sub>x</sub> センサ

フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
F 0 1 N 3/24		F 0 1 N 3/24	G
			R
	3/28	3/28	3 0 1 E
	3 0 1		3 0 1 J
		F 0 2 D 41/04	3 0 5 A
F 0 2 D 41/04	3 0 5	41/14	3 1 0 J
41/14	3 1 0	B 0 1 D 53/36	1 0 1 A
			1 0 1 B



Fターム(参考) 3G084 BA00 BA09 CA03 CA06 DA04  
DA10 EA09 EA11 EB08 EB20  
EB25 FA07 FA13 FA27 FA28  
FA29 FA33

3G091 AA02 AA12 AA17 AA24 AA28  
AB03 AB05 AB06 BA04 BA07  
BA11 BA14 BA15 BA19 BA27  
BA33 CA16 CA18 CA19 CB02  
CB03 CB06 DA02 DA04 DB01  
DB10 EA17 EA30 EA33 EA34  
FA05 FA06 FA12 FA13 FA19  
FB10 FB11 FB12 FC02 GB01W  
GB01X GB02W GB03W GB04W  
GB05W GB06W GB09X GB10X  
GB16X HA08 HA12 HA36  
HA37 HA42 HB02

3G301 HA01 HA15 JA16 MA01 ND21  
PD01Z PD04Z PD08Z

4D048 AA06 AB02 AB03 AC02 BA02X  
BA03X BA13X BA14X BA15X  
BA18X BA19X BA30X BA41X  
CC32 CC46 CC61 DA01 DA02  
DA03 DA06 DA08 DA10 EA04

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**